



*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de graduación

Balance aparente de nutrientes N, P, K en dos Agroecosistemas de granos básicos en La Grecia, Chinandega, Nicaragua 2015-2016

AUTORES

Br. Yeriel Oswaldo López Mairena

Br. Mayra Alejandra Alemán Patterson

ASESORES

Ing. MSc. Leonardo García Centeno

Ing. MSc. Hugo Rodríguez González

Dr. Dennis Salazar Centeno

Managua, Nicaragua

Octubre, 2017



*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de graduación

Balance aparente de nutrientes N, P, K en dos Agroecosistemas de granos básicos en La Grecia, Chinandega, Nicaragua 2015-2016

AUTORES

Br. Yeriel Oswaldo López Mairena

Br. Mayra Alejandra Alemán Patterson

ASESORES

Ing. MSc. Leonardo García Centeno

Ing. MSc. Hugo Rodríguez González

Dr. Dennis Salazar Centeno

Presentado al Honorable Tribunal Examinador como requisito final para optar al
grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua

Octubre, 2017

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Miembros del tribunal examinador

Presidente

Secretario

Vocal

Lugar y fecha (día/mes/año) _____

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación y fecha del estudio	4
3.1.1. Clima del departamento de Chinandega	5
3.1.2. Suelo y geología del departamento de Chinandega.	5
3.2. Diseño metodológico	5
3.2.1. Modelo general del balance aparente de nutrientes	6
3.3. Manejo de la finca	7
3.4. Variables evaluadas	8
3.4.1. Medición de los parámetros físicos y químicos en las parcelas	8
3.5. Análisis de datos	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1. Balance aparente por elemento en la finca Santa Rosa	13
4.1.1. Balance aparente Nitrógeno	13
4.1.2. Balance aparente de Fósforo	14
4.1.3. Balance aparente de Potasio	15
4.2. Balance aparente por elemento en la finca Santa María	16

4.2.1. Balance aparente de Nitrógeno	16
4.2.2. Balance aparente de Fósforo	17
4.2.3. Balance aparente de Potasio	18
4.3. Comparación del balance aparente total de la finca Sta. Rosa y finca Sta. María	19
4.4. Indicadores físicos y químicos de calidad del suelo	21
4.4.1. Indicadores físicos y químicos de la finca Santa Rosa	22
4.4.2. Indicadores físicos y químicos de la finca Santa María	24
4.4.3. Indicadores físicos y químicos de ambas fincas Santa María y Santa Rosa	26
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. LITERATURA CITADA	31
VIII. ANEXOS	34

DEDICATORIA

En primer lugar este trabajo va dedicado a Dios nuestro padre creador, quien me dio la vida, salud, fuerzas, perseverancia, sabiduría y permitirme llegar hasta este momento.

A mi madre Dolia Aryeris Mairena Tinoco, que me ha apoyado en todas las fases de mi vida, aconsejándome y dándome ánimos para siempre hacer las cosas bien. A mi padre Edwin Ramón López Núñez, por siempre brindarme apoyo económico, incondicionalmente.

A mis hermanos, hermana y mis amigos que siempre estaban pendiente del progreso de mis actividades universitarias.

Br. Yeriel Oswaldo López Mairena

DEDICATORIA

A Dios Nuestro Señor, por ser nuestro guía, nuestra inspiración, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida, quien me iluminó para lograr culminar mis estudios.

A mis Padres Daisy Patterson y David Alemán seres maravillosos que me enseñaron mis primeros pasos, por la confianza, el apoyo, el amor que me han demostrado durante el trayecto de mi vida por corregir mis faltas y celebrar mis triunfos por enseñarme a no desfallecer con sus sabios consejos.

A mi tío Dwight Patterson y a mi hermano Francisco Alemán, por toda la enseñanza, apoyo moral y económico durante todos mis años de estudios.

Br. Mayra Alejandra Alemán Patterson

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor por su infinita misericordia y todas sus bendiciones, su gran amor y por darnos las fuerzas necesaria para que pudiéramos lograr esta meta tan importante en nuestras vidas.

Mención muy especial a la Universidad Nacional Agraria y a nuestro Rector Ing. MSc. Telémaco Talavera quien a lo largo de su vida en esta casa de estudios ha sabido dar sus aportes invaluable para formar a hombres y mujeres para el desarrollo productivo de esta gran nación; también a nuestros profesores y personal de la Universidad por su atención y amabilidad durante nuestros años de estudio.

A nuestros asesores Ing. MSc. Leonardo García Centeno, Ing. MSc. Hugo Rodríguez y PhD. Denis Salazar por su paciencia, dedicación, motivación, criterio, y aliento, por concedernos el privilegio de contar con vuestra guía y ayuda en la realización de este trabajo.

Al proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional (SAN) de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971), por apoyarnos en gran parte de este estudio que será de mucha importancia para los productores de nuestro país.

También deseamos extender nuestro sincero agradecimiento a los productores Blanca Landeros y Alejandro García por recibirnos, prestarnos, apoyarnos y alojarnos en sus fincas para la realización de nuestro trabajo de tesis.

Br. Yeriel Oswaldo López Mairena

Br. Mayra Alejandra Alemán Patterson

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Entradas y salidas que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes	6
2. Descripción de las parcelas de la finca Santa Rosa y Santa María, ubicadas en la Grecia, Chinandega, durante los dos años de estudio 2015-2016	8
3. Categorización de los indicadores físicos y químicos evaluados en las fincas Santa Rosa y Santa María, La Grecia, Chinandega	9
4. Clasificación de la presencia de materia orgánica en el suelo	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Ubicación geográfica del área perimetral y subsistemas de las fincas Santa Rosa y Santa María	4
2.	Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa Rosa	13
3.	Comportamiento del balance aparente de Fósforo en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa Rosa	14
4.	Comportamiento del balance aparente de Potasio en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa Rosa	15
5.	Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa María	16
6.	Comportamiento del balance aparente de Fósforo en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa María	17
7.	Comportamiento del balance aparente de Potasio en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa María	18
8.	Comparación del Comportamiento del balance aparente total de N, P, K en kg en la finca Santa Rosa y Santa María durante los dos años de estudio	20
9.	Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la Finca Santa Rosa	23
10.	Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la finca Santa María	25
11.	Comparación del comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en ambas fincas Santa Rosa y Santa María	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Guía de trabajo para toma de datos	34
2.	Resultados del análisis del abono orgánico, proveniente de finca Santa María, La Grecia, Chinandega	38
3.	Resultados del análisis de suelo de laboratorio	39
4.	Balance aparente de nutrientes (N, P, K) 2015- 2016, Finca Santa Rosa, La Grecia, Chinandega	40
5.	Balance aparente de nutrientes (N, P, K) 2015- 2016, Finca Santa María, La Grecia, Chinandega	41

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se estableció en la comunidad La Grecia, Chinandega, 2015-2016. El objetivo fue realizar un balance aparente de nutrientes N, P, K en dos agroecosistemas. El estudio se inició con la recolección de muestras de suelos para cada una de las parcelas, las que fueron enviadas al laboratorio de suelo y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, para analizar el contenido de N, P, K, pH, MO, porosidad y textura. El modelo utilizado para determinar el balance aparente de nutrientes, analizó los flujos de entrada y salida de nutrientes (N, P, K) en cada parcela. Se realizaron mediciones de algunos indicadores físicos y químicos: densidad aparente, textura, porosidad, velocidad de infiltración del agua, pH y materia orgánica, categorizados en un rango de uno a cinco para realizar el análisis. El balance aparente de nitrógeno y potasio para la finca Santa Rosa fue negativo, en cambio el fósforo fue positivo y para la finca Santa María el balance aparente de nutrientes fue negativo para los tres elementos en ambos años. El 33% de los indicadores físicos y químicos de suelo evaluados (infiltración y textura) muestran la misma tendencia con categoría cinco para ambas fincas, lo que puede deberse a los procesos naturales de formación de los suelos en la zona. Los indicadores que difieren son materia orgánica, porosidad, pH y profundidad, teniendo mejores resultados la finca Santa María manejada bajo enfoque agroecológico, en comparación a la finca Santa Rosa con manejo convencional, siendo evidente la influencia del manejo agronómico.

Palabras claves: balance de nutrientes, materia orgánica, indicadores, profundidad

ABSTRACT

The present research work was established in the community of La Grecia, Chinandega, 2015-2016. The objective was to perform an apparent balance of nutrients N, P, K in two agroecosystems. The study began with the collection of soil samples for each of the plots, which were sent to the soil and water laboratory (LABSA) of the National Agrarian University, to analyze the contents of N, P, K, pH, MO, porosity and texture. The model used to determine the apparent balance of nutrients, analyzed the input and output flows of nutrients (N, P, K) in each plot. Measurements of some physical and chemical indicators were made: apparent density, texture, porosity, water infiltration velocity, pH and organic matter, categorized in a range of one to five to perform the analysis. The apparent balance of nitrogen and potassium for the Santa Rosa farm was negative, whereas phosphorus was positive and for the Santa Maria farm the apparent balance of nutrients was negative for the three elements in both years. 33% of the physical and chemical soil indicators evaluated (infiltration and texture) show the same trend with category five for both farms, which may be due to the natural processes of soil formation in the area. The indicators that differ are organic matter, porosity, pH and depth, with better results in the Santa Maria farm managed under an agroecological approach, compared to the Santa Rosa farm with conventional management, being evident the influence of agronomic management.

Keywords: nutrients balance, organic matter, indicators, depth

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país netamente agroexportador y el sector agropecuario, es la espina dorsal de su economía. Durante el período 2001-2010, el sector agropecuario representó 17.2% del PIB (Producto interno bruto), el sub sector agrícola aportó 10% y el pecuario 7.2%. A lo largo de esta década el sector pecuario ha venido teniendo una participación creciente y sostenida (FUNICA, 2012).

Dentro de la producción agrícola existe diversidad de rubros, que tradicionalmente se dividen en productos de consumo interno, principalmente granos básicos y productos de exportación concentrados en seis productos. De los granos básicos, el frijol es el que más aporta al PIB agrícola con más del 13%, el arroz 11%, ambos registran incrementos del 20% en su participación en el periodo 2001-2010, el maíz y sorgo han reducido su participación dentro del PIB agrícola. Existe otro grupo, los llamados cultivos no tradicionales que alcanzaron un área de 29,726 manzanas (MAGFOR, 2011).

El suelo está siendo explotado intensivamente, las cantidades crecientes de tierras nuevas incorporadas a la agricultura, son de baja calidad, marginales y menos productivas que las tierras actualmente en explotación. Por estas condiciones de los suelos, la sostenibilidad del mismo se ha hecho un asunto de mucho interés (FAO, 1996).

Nicaragua dispone de excelentes suelos fértiles (capacidad del suelo para compensar las pérdidas de nutrientes). Sin embargo, por diferentes razones (presencia de laderas, régimen pluvial, expansión demográfica, falta de recursos, insuficiente apoyo institucional), el capital de fertilidad se ha venido desgastando rápidamente, por mal aplicación de prácticas agrícolas, sin una reposición adecuada de nutrientes, disminuyendo la fertilidad del suelo. Consecuencias inevitables de esta situación, son la pobreza rural e inseguridad alimentaria que prevalecen en dichas zonas. Numerosas observaciones, indican que los balances de nutrientes a nivel de fincas son deficitarios, debido a que las cantidades exportadas por las cosechas, son más elevadas que las restituciones (INTA –FAO, 1997).

El balance de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. Los balances pueden resultar deficitarios, neutros o acumulativos generándose situaciones de pérdida, equilibrio o ganancia de nutrientes en el suelo, respectivamente (Ciampitti y García, 2008).

El balance es “aparente” cuando no consideran transformaciones de nutrientes en el sistema suelo-planta, las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión, ni ingresos por deposiciones atmosféricas, por lo que posiblemente subestime el resultado en muchas condiciones (Ernst *et al.*, 2012).

El rendimiento sostenible en el agroecosistema se deriva del balance adecuado entre cultivos, suelo y de otros componentes muy importantes para el desarrollo de las plantas a su vez la interacción que pueden existir con los microorganismos. Un agroecosistema es considerado productivo y saludable cuando el balance y las condiciones favorables para el crecimiento prevalecen de manera que el cultivo se mantenga resiliente para tolerar el estrés y los diferentes tipos de cambios climáticos bruscos que se puedan dar en la zona.

Ante la continua pérdida de fertilidad natural y productividad de los suelos, muchos productores con pequeñas y medianas áreas de producción, han optado por cambiar el enfoque de manejo, pasando de sistema tradicional a sistema agroecológico, con el objetivo de mejorar los suelos y sostenibilidad de sus parcelas, mediante la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Por esta razón se planteó la realización un estudio explorativo para identificar el estado actual de dos fincas sometidas a diferente manejo (convencional y agroecológico), mediante un balance aparente de nutrientes en La Grecia, Chinandega, Nicaragua, 2015-2016.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el balance aparente de nutrientes N, P, K en dos agroecosistemas de granos básicos.

2.2. Objetivos específicos

1. Estimar el balance aparente de N, P, K de las parcelas de las fincas Santa Rosa y Santa María durante el ciclo 2015-2016.
2. Identificar la influencia del manejo agronómico sobre el estado actual del suelo, evaluando sus propiedades físicas y químicas en las fincas Santa Rosa y Santa María durante el ciclo 2015-2016.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y fecha del estudio

El estudio se realizó a 25 km de la ciudad de Chinandega en la carretera a Somotillo, en la comunidad La Grecia, desde Octubre del 2015 hasta Diciembre del 2016 (figura 1). Las coordenadas son 12° 41' 18" latitud Norte, 87° 5' 8" longitud Oeste, para la finca Santa María y 12° 39' 10" latitud Norte, 87° 8' 4" longitud Oeste, para la finca Santa Rosa. La altitud presente es de 100-120 msnm. Con pendientes de 3.6% promedio.

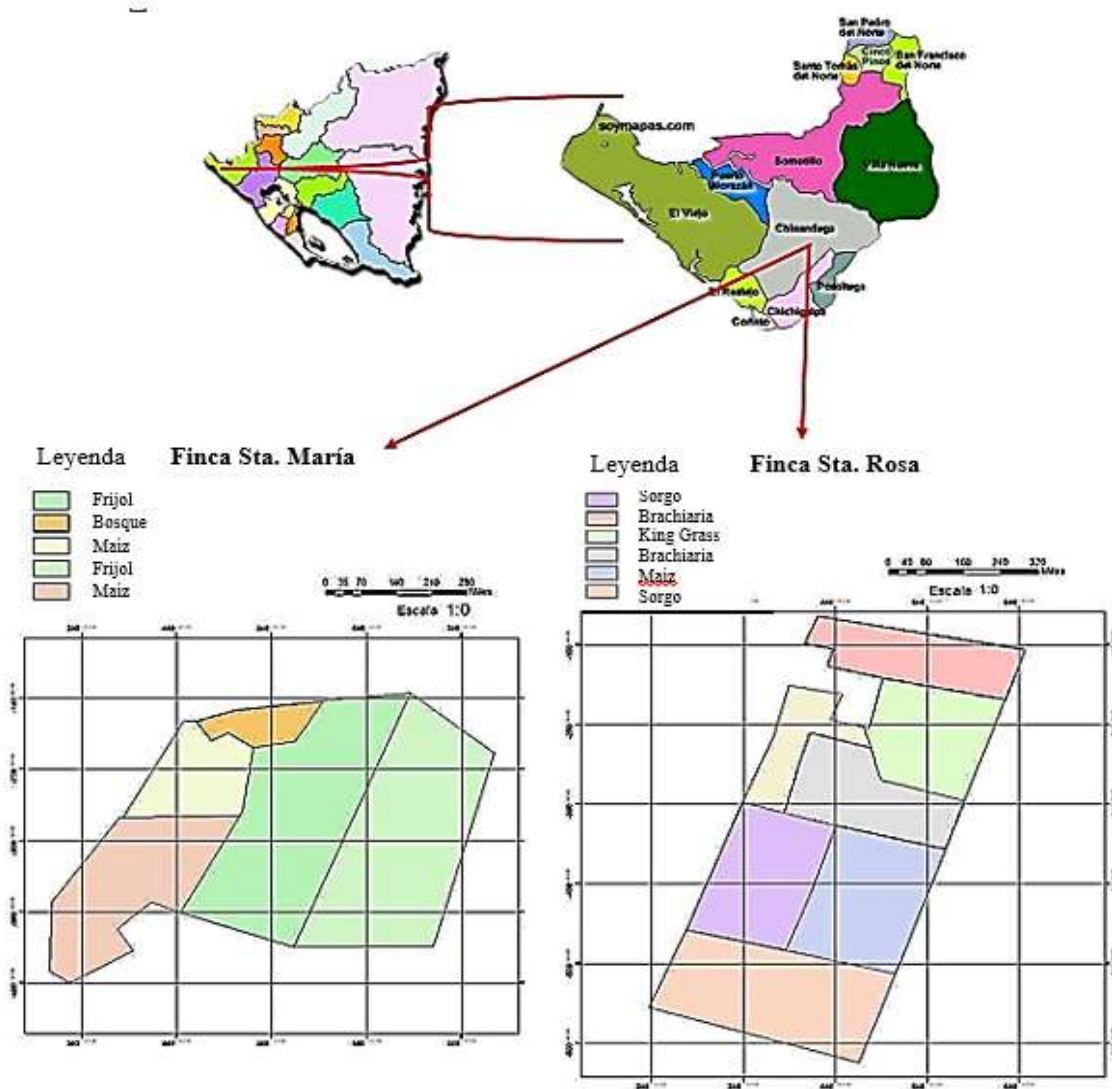


Figura 1. Ubicación geográfica del área perimetral y subsistemas de las fincas Santa Rosa y Santa María.

3.1.1. Clima del departamento de Chinandega

El clima es cálido en la zona baja y más fresco y agradable en las zonas de mayor altura (conos volcánicos). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, el departamento tiene un clima definido como tropical de sabana. Presenta una marcada estación seca que va de noviembre a abril y el período lluvioso comprende de mayo a octubre. Las temperaturas medias se hallan entre los 21° y 30° C y las máximas hasta los 42° C. La precipitación anual máxima alcanza 2,000 mm y la mínima hasta 500 mm anuales en algunos municipios (INIDE, 2003).

3.1.2. Suelo y geología del departamento de Chinandega

Los suelos de la región deben su origen y evolución a la influencia de los factores de formación: clima, relieve, roca madre, organismos vivos (vegetación, organismos y hombre) y tiempo; y con los procesos de formaciones, redistribuciones, ganancias y pérdidas del mismo suelo. Según los estudios realizados en la región del pacifico norte del país por el programa de catastro y recursos naturales, se han identificado suelos con los siguientes ordenes: Entisoles, Vertisoles, Inceptisoles, Molisoles y Alfisoles (Cuenta Reto del Milenio, 2007).

La fisiografía está conformada por planicies, lomeríos, serranías, conos volcánicos y zonas costeras de estuarios, con características propias de acuerdo a su origen geológico, destacando las extensas y fértiles planicies que distinguen al departamento y le proporcionan una importancia notable para el adecuado desarrollo de una amplia gama de cultivos. Los suelos son mayormente franco arenoso y presentan fuerte erosión. En la zona costera, los suelos son francos con leve erosión. Posee elevaciones de 70.42 msnm. (INIDE-MAGFOR, 2013)

3.2. Diseño metodológico

El tipo de investigación desarrollada en el presente trabajo es no experimental de diseño transeccional, descriptivo.

3.2.1. Modelo general del balance aparente de nutrientes

En la finca Santa Rosa y la finca Santa María, el modelo utilizado analizó los flujos de entrada y salida de nutrientes (N, P, K) de las parcelas, se realizó un manejo aparente por que no contábamos con estudios de pérdidas de nutrientes por erosión, ni aparatos especializados para medir pérdidas de nutrientes por lixiviación, volatilización y/o desnitrificación. Por consiguiente este estudio se limitó a analizar, procesar y emitir los resultados a partir de los datos con los que se contaban (Análisis de suelo de campo, de laboratorio y entrevista con el productor en anexo 1).

Cuadro 1. Entradas y salidas que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes

APORTES O ENTRADAS DE NUTRIENTES (E)	EXPORTACIÓN O SALIDAS DE NUTRIENTES (S)
Aporte de fertilizantes minerales (kg ha^{-1})	Cosecha del producto (kg ha^{-1})
Aporte de material orgánico (kg ha^{-1})	Residuos de cosecha (kg ha^{-1})
<u>BALANCE</u> = <u>ENTRADAS</u> (E) - <u>SALIDAS</u> (S)	

Entradas o aporte de nutrientes (E)

Como se muestra en el (Cuadro 1), las entradas consideradas están referidas a la incorporación de fertilizantes minerales u orgánicos al suelo. Las cantidades de nutrientes (N, P, K) incorporadas al sistema fueron calculadas a partir de los contenidos de éstos en las diferentes formas de presentación del producto, el valor obtenido se presentó en kg ha^{-1} de N, P_2O_5 , K_2O .

Es importante mencionar que en la finca Santa Rosa únicamente tienen aportes por excretas del ganado en algunas parcelas (pasto de pastoreo donde las vacas depositan el 40% del estiércol), aplicación de fertilizante completo (15-15-15 durante el 2015 y 12-30-10 en el 2016) y Urea; a diferencia de la finca Santa María bajo un enfoque agroecológico donde solo realizaban aplicación de compost mineralizado (Anexo 2).

Salidas o exportación de nutrientes (S)

Las salidas de nutrientes que presentaron ambas fincas fueron por la extracción de grano (maíz y frijol) en la finca Santa María y (Maíz, Sorgo) en la finca Santa Rosa; además en esta última se cultivan pastos de corte (King Grass) y de pastoreo (Brachiaria Brizanta); que son suministrados como alimento al ganado.

La información se ordenó de manera que fuera de fácil manejo y que permitiera ver de forma clara los balances aparentes de nutrientes de cada parcela y por finca. Los resultados se presentaron en forma de cuadros donde se reflejan las entradas, salidas y el balance aparente de nutrientes, ya sea de producto cosechado o como biomasa producida, esto debido a que el manejo de los rastrojos no es similar para los dos productores ni para algunas parcelas.

3.3. Manejo de la finca

La finca Santa Rosa es manejada de manera convencional, realizan empleo de insumos como fertilizantes inorgánicos, insecticidas y herbicidas. Además utilizan prácticas de preparación de suelo de forma mecanizada (pase de grada, arado).

La finca Santa María, es manejada bajo un enfoque agroecológico. Tratando de aprovechar de manera óptima los recursos naturales de la misma finca, sin utilizar insumos químicos, para proteger el medio ambiente y producir alimentos saludables y de mayor calidad nutritiva.

Para facilitar el trabajo, las fincas fueron subdivididas en 5 parcelas cada una, utilizando una codificación que nos permitió fácil manejo de los datos de toda la información (Cuadro 2).

En la finca Santa Rosa se utilizó la codificación siguiente: CH=Chinandega; SR= Finca Santa Rosa; numeración asignada a cada parcela= I, II, III, IV, V.

En cambio, la finca Santa María fue manejada con los códigos: CH=Chinandega; SM=finca Santa María, numeración asignada a cada parcela= I, II, III, IV, V.

Cuadro 2. Descripción de las parcelas de la finca Santa Rosa y Santa María, ubicadas en la Grecia, Chinandega, durante los dos años de estudio 2015-2016

Finca	Año	2015	2016
Parcela			
Santa Rosa	I	Sorgo	Sorgo
	II	Sorgo- maíz	Maíz
	III	Brachiaria	Brachiaria
	IV	Brachiaria	Brachiaria
	V	King Grass	King Grass
Santa María	I	Maíz	Frijol
	II	Bosque	Bosque
	III	Maíz- Frijol	Maíz
	IV	Maíz	Frijol
	V	Maíz- Frijol	Maíz

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Medición de los parámetros físicos y químicos en las parcelas

Los indicadores del estado del recurso suelo no son universales, sino que deben de ser elegidos en función del tipo de ambiente y suelo de la región en estudio (Prieto et al., 2013).

Los indicadores seleccionados fueron: profundidad del suelo, porosidad, infiltración, materia orgánica, textura y pH, usados como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo, utilizados para analizar si los actuales sistemas de manejo de las fincas están conservando, mejorando o degradando el suelo.

Para la medición de los parámetros físicos y químicos se utilizó la metodología desarrollada por García, 2015. Y los datos obtenidos fueron categorizados del 1 al 5, siendo 1 el nivel más bajo o malo, y 5 el más alto o excelente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Categorización de los indicadores físicos y químicos evaluados en las fincas Santa Rosa y Santa María, La Grecia, Chinandega

Categoría	Parámetros del suelo					
	Profundidad (cm)	Porosidad total (%)	Materia Orgánica	pH	Textura	Infiltración (cm/h)
1	<25	>70	Nula	<5.2	A	<1.9
2	25-49	<39	Baja	>7.5	AR	>25
3	50-99	51-55	Media	5.3-5.9	FAAR	13-25
4	100-149	56-69	Alta	6.6-7.4	FAL	2--6
5	>150	40-50	Muy alta	6.0-6.5	F	6.1-12

A: Arcilloso, AR: Arenoso, F: Franco, L: Limoso

Profundidad del suelo

La profundidad del suelo fue medida introduciendo un barreno de colcho hasta donde se presentó un cambio de color o de material, posteriormente se procedió a medir con una cinta métrica la profundidad alcanzada por el barreno se realizaron cinco mediciones aleatorias por cada parcela, en total veinticinco mediciones por finca.

Densidad aparente

La densidad aparente se midió utilizando un cilindro de PVC con 7.2 cm de altura, de 2 pulgadas de grosor y un volumen de 171.06 cm³, para ello se limpió la maleza del sitio de muestreo con una pala punta cuadrada, colocamos el cilindro sobre la superficie de muestreo, con una regla de madera sobre éste y se golpeó suavemente con el martillo hasta lograr que el cilindro penetrara en el suelo y que la regla llegara a la superficie de este.

Luego del procedimiento anterior, con ayuda de la pala, se escarbó alrededor del cilindro y se sacó del suelo sin perturbarlo. Una vez afuera el cilindro se procedió a cortar con un cuchillo, de manera transversal a cada lado del cilindro para que la muestra saliera exacta y guardamos todo el suelo contenido en una bolsa plástica.

La fórmula con la cual se calculó la densidad aparente fue la siguiente:

$$Da = M_{ss} \text{ (g)} / V \text{ (cm)}^3$$

Donde:

Da = densidad aparente del suelo

Mss = masa o peso del suelo seco

V = volumen del cilindro

Medición de la infiltración de agua en el suelo

La velocidad de infiltración del agua en el suelo se midió utilizando un cilindro de PVC de alta presión de 8 pulgadas de diámetro y 20 cm de altura con una cinta para medir, gravada en centímetros, que se colocó sobre el suelo, presionando hacia abajo y girando hasta que profundizó unos 10 cm, con un ayuda de un nivel se niveló el cilindro, luego se introdujo un plástico dentro del cilindro cubriendo la superficie del suelo, se agregó agua dentro del cilindro hasta casi llenarlo, se anotó el valor del nivel de agua alcanzada en el cilindro, con cuidado se quitó el plástico y se anotó la cantidad de agua infiltrada luego de realizar tres lecturas con intervalos de 1 minuto, aumentando a 5, 10, 15, y 45 minutos, hasta que toda el agua se había infiltrado. Este procedimiento se realizó tres veces en cada parcela de las dos fincas. Con la información obtenida se procedió a construir curvas de infiltración y se determinó la velocidad de infiltración en cm h^{-1} .

Medición de la materia orgánica del suelo

Para la medición de la materia orgánica se utilizó un barreno, se hicieron cinco barrenadas de 10 cm en puntos al azar por parcela, luego se colocó el suelo en un recipiente para homogenizar la muestra; posteriormente se tomaron de 1 a 3 gramos de la muestra para depositarlos en un vaso de vidrio. Luego del procedimiento anterior se adicionó agua oxigenada hasta saturar la muestra y observar la efervescencia para realizar la clasificación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de la presencia de materia orgánica en el suelo

Categoría	Observación	Presencia de MO.
1	No se observa efervescencia, ni se escucha al oído.	Nula
2	No se observa efervescencia, pero se escucha al oído.	Baja
3	Se nota efervescencia claramente.	Media
4	La efervescencia es rápida y sube lentamente.	Alta
5	La efervescencia es rápida y sube rápidamente.	Muy alta

Medición de la porosidad total del suelo

Con los valores de densidad aparente (D_a) y la densidad real (D_r) se calculó el espacio poroso del suelo, aplicando la fórmula:

$$\% Ep = 1 - \left(\frac{D_a}{D_r} \right) * 100$$

La densidad real está dada por la relación existente entre el peso de los sólidos del suelo y el volumen de los mismos, no incluye el volumen de poros. Su valor siempre es de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$.

Muestreo de Suelo

El muestreo fue realizado en cinco distintas parcelas, las cuales contaban con granos básicos (maíz amarillo, frijol, maíz blanco y maíz negro) y un área de bosque, en la finca Santa María y en la finca Santa Rosa cultivos como maíz, sorgo, pasto (King Grass y *Brachiaria Brizantha*).

Se realizaron cinco tomas de sub-muestras por parcela en zig zag, en cada punto se barrenó 10 veces a una profundidad variable de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm respectivamente. Cada muestra se depositó en un balde plástico donde se realizó la homogenización de las 50 muestras tomadas por parcela para posteriormente tomar una muestra de 400 a 800 g de suelo para realizar su posterior análisis en laboratorio (anexo 3).

3.5. Análisis de datos

La representación de entradas, salidas y balance de nutrientes obtenidos del estudio en ambas fincas, se presentan en tablas de frecuencias; el comportamiento de nutrientes por elemento (N, P, K) de las fincas es ilustrado en gráfico de barras; y los Indicadores físicos y químicos en las parcelas, se muestran en gráficos de tipo radial o Arañas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Balance aparente por elemento en la finca Santa Rosa

4.1.1. Balance aparente Nitrógeno

En la finca Santa Rosa durante los años 2015 y 2016 la única parcela que presentó balances negativos para nitrógeno, fue la de pasto King Grass (figura 2), porque demandaba grandes cantidades de nitrógeno 428.7 kg ha^{-1} y el productor solamente realizaba aplicaciones de urea que proporcionaba apenas 59.5 kgN ha^{-1} (anexo 4).

Las parcelas de pasto brachiaria, también presentaron alta tasa de extracción de nitrógeno (139 kg ha^{-1}), pero fueron compensado por los ingresos a partir de urea y excretas del ganado (142.9 kg ha^{-1}), que ayudo a que finalmente el balance fuera positivo (3.9 kg ha^{-1}) en ambos años.

En las parcelas dedicadas a la producción de granos (sorgo y maíz respectivamente), el productor aplicó suficiente nitrógeno para suplir la demanda de dichos cultivos, provocando un balance positivo de N en ambos años.



Figura 2. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa Rosa.

4.1.2. Balance aparente de Fósforo

Las parcelas de pasto brachiaria (figura 3), obtuvieron un balance positivo de fósforo, en comparación a las demás. Las extracciones de fósforo fueron de $28.1 \text{ kgP}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, y las entradas fueron de $53.2 \text{ kgP}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ producidas por de estiércol del ganado que es depositado en estas parcelas, beneficiando a la restitución de este macronutriente.

En la parcela de King Grass existe balance negativo, equivalente a $44.3 \text{ kgP}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ que refleja exactamente las salidas P, porque el productor no realiza aportes fosforo en esta parcela.

En las parcelas de granos básicos, los balances dieron positivos excepto en el año 2015 en la parcela II que dio ligeramente negativo, causado por las pocas entradas de P a partir del 15-15-15, y las altas extracciones principalmente por el sorgo.

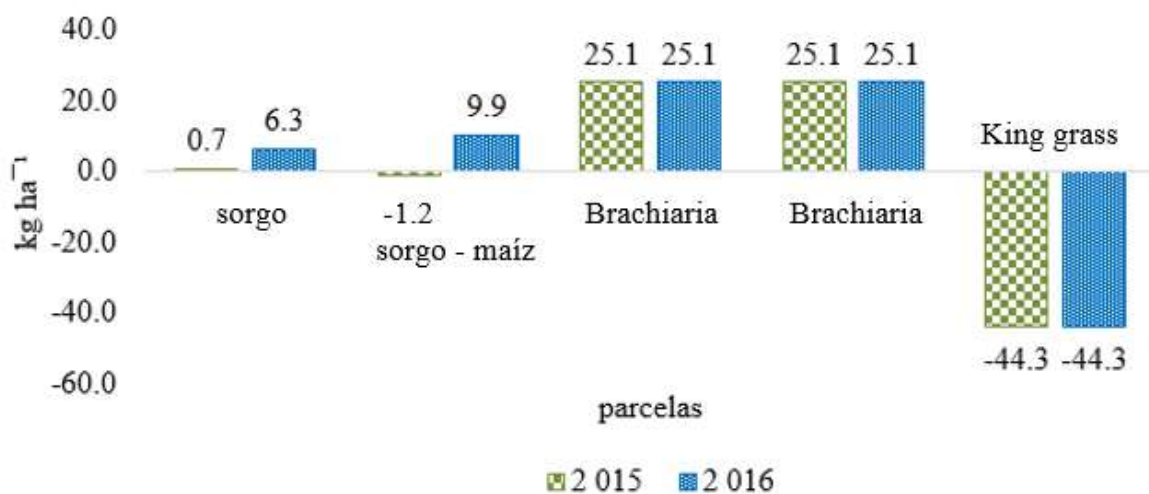


Figura 3. Comportamiento del balance aparente de Fósforo en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa Rosa.

4.1.3. Balance aparente de Potasio

En la figura 4 se observa que para los años 2015-2016 las parcelas de brachiaria y King Grass tuvieron balances negativos. Según Yara, 2017 “El Potasio es el nutriente que en más cantidad se absorbe por el Pasto. El Potasio tiene varias funciones en la planta y afecta la absorción de nutrientes, fotosíntesis, velocidad de desarrollo y valor nutritivo para el ganado.” Consecuentemente extraen nutrientes que no son restituidos al suelo, lo que provoca un empobrecimiento en la fertilidad del suelo, (García, 2007).

En las parcela de sorgo y maíz se ve desmejora en el balance, incluso dando negativo el balance de sorgo en 2016, debido a el tipo de fertilizante inorgánico utilizado en el 2015 tenía más aporte de potasio en comparación al del 2016.

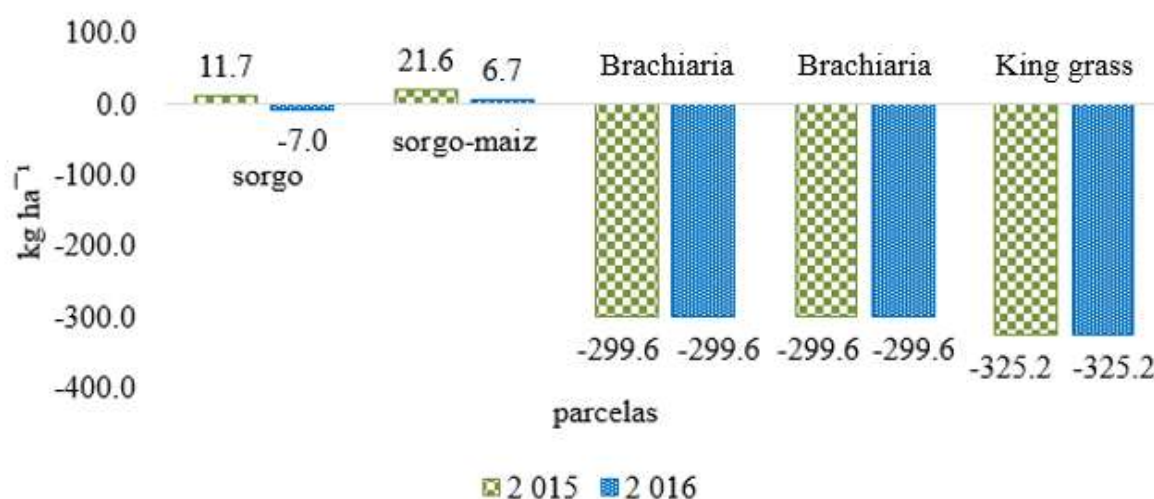


Figura 4. Comportamiento del balance aparente de Potasio en kg ha⁻¹ por parcela/año finca Santa Rosa.

4.2. Balance aparente por elemento en la finca Santa María

4.2.1. Balance aparente de Nitrógeno

En la finca Santa Rosa en los años 2015 y 2016 se presenta un balance negativo en todas las parcelas excepto en bosque, porque este no es aprovechado, ni abonado (figura 5). Las cantidades de nitrógeno extraído fueron elevadas sobre todo en el año 2015, causado principalmente por haber establecido más cultivos durante este año, que equivale a mayor cantidad de nutrientes extraído y la baja cantidad de N aplicado. Además de la baja cantidad que el productor adiciona 3.6 kgN ha^{-1} .

El balance del 2016 fue negativo pero en menor proporción comparado al año 2015. Durante 2016, además de la influencia de haber sembrado menos cultivos en todo el año, también hubo disminución en los rendimientos tanto de maíz y frijol confrontado a los obtenidos en 2015.

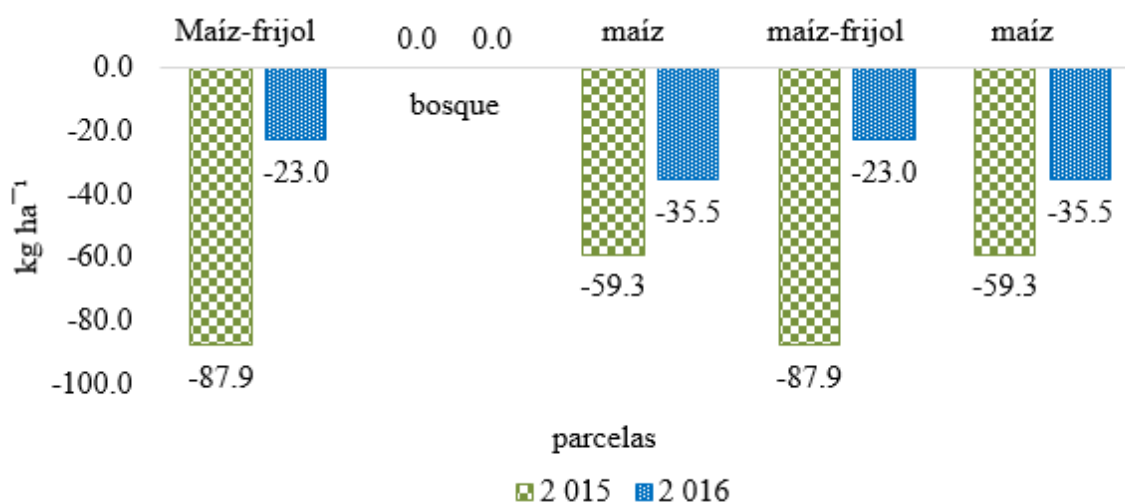


Figura 5. Comportamiento del balance aparente de Nitrógeno en kg ha^{-1} por parcela/año finca Santa María.

4.2.2. Balance aparente de Fósforo

La figura 6, muestra que durante los años 2015 y 2016 el balance para el fósforo fue negativo para todas las parcelas en explotación, producto de que las entradas son muy bajas, y no son capaces de restituir la cantidad de fosforo extraída por los cultivos de maíz y frijol.

Igualmente en el balance de fosforo del 2015 fue más negativo en comparación con el 2016. El productor no es consciente de la afectación de este balance negativo de fosforo, pues no restituye las extracciones de este elemento, y los suelos de la zona de Chinandega son pobres en fosforo, el análisis químico del suelo confirmo esta condición (anexo 3). Lo que conlleva a la pérdida del capital fertilidad del suelo y a su degradación

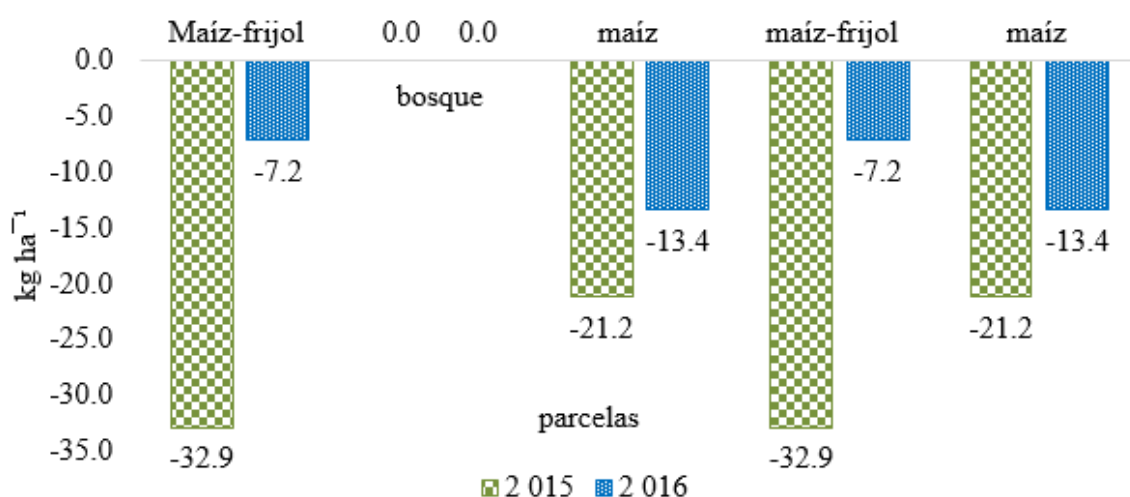


Figura 6. Comportamiento del balance aparente de Fósforo en kg ha⁻¹ por parcela/año finca Santa María.

4.2.3. Balance aparente de Potasio

En la figura 7 muestra que durante los años 2015 y 2016 se presenta balance negativo en todas las parcelas productivas de la finca.

En esta finca el productor intenta intercalar anualmente el cultivo establecido por parcela. En las parcelas que un año siembra maíz, en el siguiente año siembra frijol.

En la parcela I y IV en el año 2016, hubo más pérdida de potasio en comparación al 2015. Se sembró maíz en el 2015, y en esa mismas parcelas durante el 2016 se sembró frijol, caso contrario ocurrido en la parcela III Y V que en 2015 se sembró frijol y en el 2016 maíz. Las mayores pérdidas de potasio están en las parcelas que se sembró frijol, ya que en el grano extrae casi 7 veces más potasio, en comparación a lo que extrae el grano de maíz.

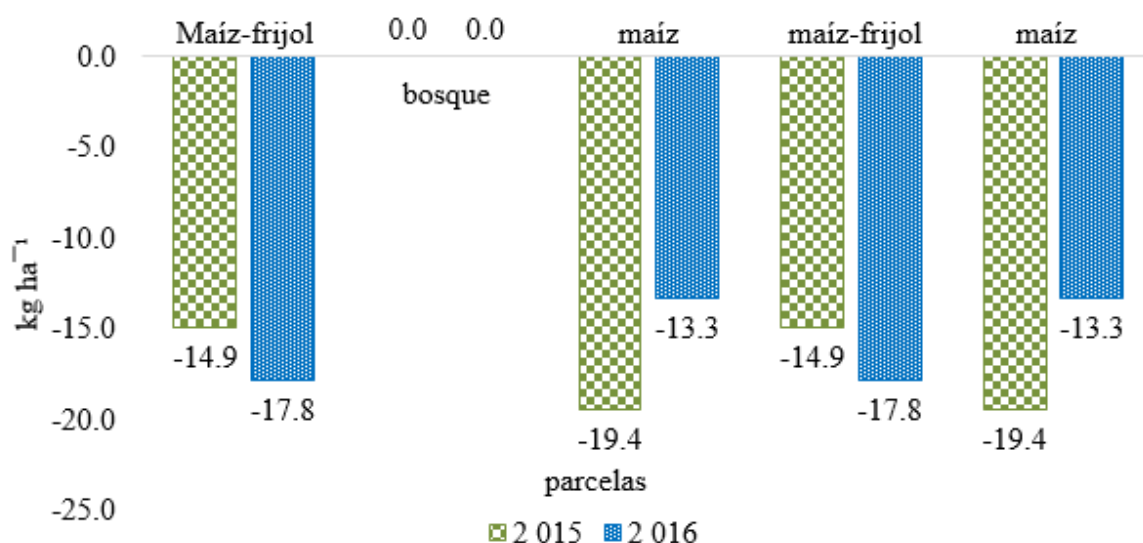


Figura 7. Comportamiento del balance aparente de Potasio en kg ha⁻¹ por parcela/año finca Santa María.

4.3. Comparación del balance aparente total de la finca Sta. Rosa y finca Sta. María

En la figura 8 se puede observar que en la finca Sta. Rosa, el fósforo resultó con un balance ligeramente positivo, porque las aplicaciones que se realizaron restituyeron los nutrientes extraídos.

El balance fue negativo para nitrógeno y potasio en la finca Sta. Rosa, siendo el potasio altamente extraído principalmente por los pastos que sirven de alimento para el ganado de la finca (anexo 4). Según García y González (2013), los balances negativos reducen la fertilidad del suelo, pudiendo afectar seriamente la producción (rendimientos y biomasa no cosechada).

En la Finca Sta. María el balance aparente total de N, P, K evaluado durante los años 2015 y 2016, resultaron negativos (Anexo 5). Causados por las bajas cantidades de estos nutrientes suministrados por el productor, a partir del compost, que es aplicado en pocas proporciones y no son suficientes para restituir las extracciones de los cultivos.

Según Ramos y Terry (2014) “Los abonos orgánicos pueden ser una opción viable al uso de fertilizantes minerales para proveer los nutrimentos requeridos por un cultivo. Sin embargo, esta capacidad o potencial de un abono debe ser conocida para evitar deficiencias o excesos de los elementos que lo constituyen, resultantes de la adición del abono al suelo”.

La finca Sta. María fertiliza sus cultivos aplicando abonos orgánicos, pero no cuenta con un análisis, para saber la cantidad que debe aplicar. Su dosis es 323.47 kg ha⁻¹ para cualquier cultivo, siendo esta muy poca cantidad para suplir las extracciones. Lo que conlleva a la reducción de los nutrientes disponibles en el suelo, conforme el paso del tiempo y se pierde la capacidad de producir de manera sustentable.

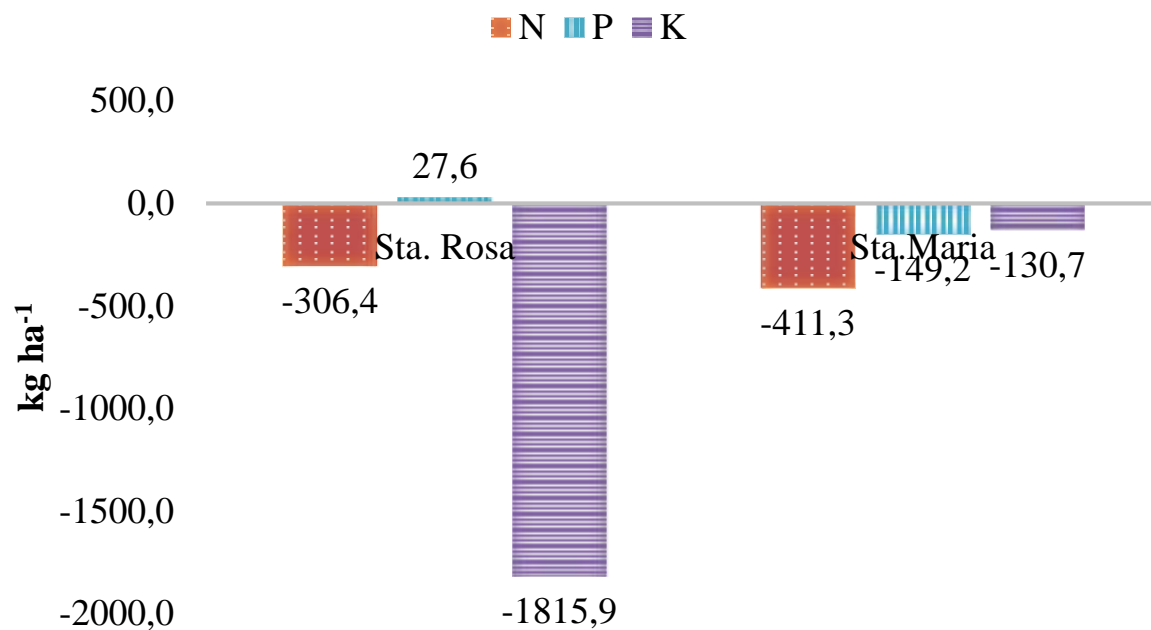


Figura 8. Comparación del comportamiento del balance aparente total de N, P, K en kg en la finca Santa Rosa y Santa María, durante los dos años de estudio.

4.4. Indicadores físicos y químicos de calidad del suelo

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo (Arshad y Coen, 1992). Existen variables que pueden servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski *et al.*, 1998).

Los indicadores de calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (Astier *et al.*, 2001). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996).

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo como promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Doran y Parkin, 1994).

Las figuras 9 y 10 presentan el estado actual de indicadores de suelo de las fincas en estudio, representado en una ameba. Indicadores que fueron categorizados en una escala de uno a cinco, como es reflejado en el cuadro 3.

4.4.1. Indicadores físicos y químicos de la finca Santa Rosa

En la figura 9 se observa que los suelos de la finca Santa Rosa presentan una textura franco arenoso en su totalidad y la porosidad para casi todas las parcelas oscilaron entre 51 a 55% y fueron clasificados en la categoría tres como bueno mientras que en el maíz fue muy buena y osciló entre 56 a 69 con categoría cuatro. Además presentó una infiltración de categoría cinco (excelente).

Las parcelas de sorgo, maíz y brachiaria, se encontraron en la categoría dos presentando contenido de bajo contenido de materia orgánica, mientras que en las parcelas de brachiaria y King Grass en la categoría tres con un contenido medio de materia orgánica. Lang y McCaffrey (1984) observaron que al incrementar la cantidad de suelo cubierto con pastos se redujo el número de eventos erosivos y en consecuencia el detrimento del suelo.

La finca Santa Rosa presentó pH clasificado en categoría tres según la metodología de García, (2015). Que sugiere que el mejor rango de pH para la agricultura está entre los 6.0 y 6.5. Según Sandoval (2015) un suelo ácido es pobre en bases (calcio, magnesio, potasio), la actividad de los microorganismos se reduce y el fósforo disponible disminuye, al precipitarse con el hierro y el aluminio. Los micronutrientes excepto el molibdeno, se absorben mejor en este tipo de suelos.

La profundidad de las parcelas se encuentran en la categoría dos, oscilando entre 25 a 50 centímetros, siendo considerada como un suelo poco profundo, representando una profundidad marginal que sumado a la abundante presencia de piedras pequeñas o piedrines en estas parcelas forman una barrera física que limita el crecimiento adecuado de las raíces de las plantas.

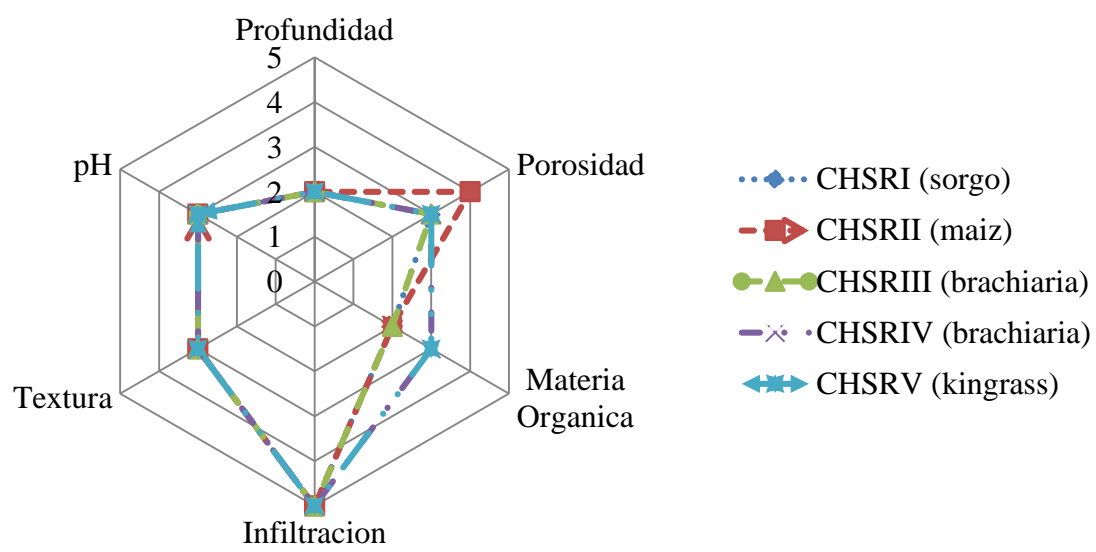


Figura 9. Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la finca Santa Rosa.

4.4.2. Indicadores físicos y químicos de la finca Santa María

La presencia de materia orgánica juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos. Además de que tiene un efecto importante sobre la capacidad de intercambio catiónico del suelo, que podría considerarse como el potencial del mismo para retener e intercambiar nutrientes, influyendo directamente sobre la fertilización de los cultivos (Lal, 2004).

En la figura 10 se observa que la materia orgánica en ambas parcelas de maíz se encontraron en la categoría 3 presentando un contenido de materia orgánica media, en las de frijol se encontraron en la categoría dos con un contenido de materia orgánica baja mientras que en bosque la materia orgánica fue alta porque ésta se encontró en la categoría cuatro. Young (1989), indica que en los sistemas con presencia de árboles, la materia orgánica se mantiene a niveles satisfactorios, favoreciendo un reciclaje de las bases y permitiendo una reducción de la acidez del suelo. El autor estima que la capa superficial de hasta 10 o 20 cm de profundidad contiene entre 3 y 5% de materia orgánica en suelos zonales de los bosques húmedos de tierras bajas.

Los suelos de la finca Santa María presentan una textura franco arenoso. Según Chinn L. (2013) los suelos arenosos tienen más drenaje que aquellos con más partículas pequeñas. Los suelos con mucho drenaje, como los francos arenosos, tienden a tener una buena aireación también, ésta ayuda a los organismos en el suelo a sobrevivir. Estos frecuentemente benefician a las plantas ayudándolas a absorber los nutrientes.

Los valores de porosidad para las parcelas de maíz y frijol oscilan entre 51 a 55% y son clasificados en la categoría tres como buenos mientras que el bosque, frijol fueron clasificados en la categoría cuatro oscilando entre 56 a 69% con una porosidad muy buenos. FAO (s.f). Los suelos con vegetación natural generalmente tienen gran porosidad debido a la alta actividad biológica y a la ausencia de interferencias con el hombre. Por consiguiente, tienen cualidades físicas superiores a la mayoría de los suelos usados para cultivos o pastos. Y para la otra parcela de maíz con categoría cinco entre 40 a 50%. La infiltración en la mayoría de las parcelas presentó categoría cinco a excepción del bosque que fue de categoría tres.

La profundidad del suelo en la finca Santa María se encuentra en la categoría tres, oscilando entre 50 a 100 centímetros, consideradas como moderadamente profundo. En las parcelas de maíz y frijol presentaron pH clasificado en categoría cinco mientras que en bosque su pH clasificó en categoría tres según la metodología de García (2015). Que sugiere que el mejor rango de pH para la agricultura está entre 6.0 y 6.5. Los factores que más influyen en la calidad de los suelos de los bosques naturales tropicales húmedos en América Central son probablemente el pH y la humedad. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes minerales. Un pH bajo reduce la disponibilidad de cationes de calcio, magnesio y fósforo y libera cantidades tóxicas de elementos como hierro, aluminio y manganeso (Louman B. *et al.*, 2001).

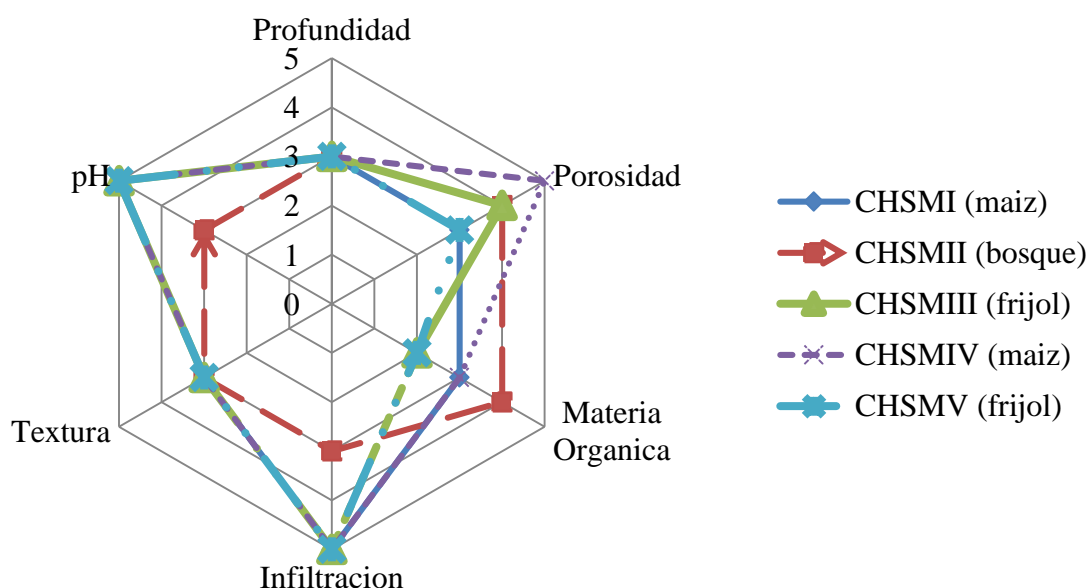


Figura 10. Comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en la Finca Santa María.

4.4.3. Indicadores físicos y químicos de ambas fincas Santa María y Santa Rosa

Jiménez y González (2006) afirman que las interpretaciones y evaluaciones del comportamiento de indicadores físicos y químicos del suelo deben evaluarse con respecto a tendencias a largo plazo o a señales de sostenibilidad, que se traducirán en una degradación, mantenimiento o aumento de su calidad biológica, química o física.

En la figura 11 se observa que el 33% de los indicadores físicos y químicos evaluados (infiltración y textura) muestran la misma tendencia con categoría cinco para ambas fincas, según la clasificación realizada por García (2015), los indicadores que difieren en categoría entre ambas fincas son materia orgánica, pH, infiltración y profundidad.

La materia orgánica fue un indicador que presentó categorías diferentes. La finca Santa Rosa, se encontró en la categoría dos mientras que la finca Santa María en la categoría tres. Esta diferencia está influenciado por el tipo de manejo y la fertilización utilizada. Según Ribó (2003) afirma que el uso de una fertilización casi exclusivamente química, ha provocado un enorme empobrecimiento de los suelos de cultivos en materia orgánica. Además del uso de químicos que se realiza en la finca Santa Rosa no hay aporte de residuos orgánicos (hojarasca, raíces) o incorporación de rastrojo y los suelos están expuestos a la pérdida de nutrientes causadas por la erosión. Las coberturas vegetativas al aportar materia orgánica, ésta después de su incorporación produce diferentes nutrimentos para las plantas, que son aprovechados cuando las condiciones son favorables. Así mismo, reduce la erosión hídrica principalmente a través del efecto de protección al suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y en la reducción de la velocidad del escurrimiento superficial (Sarh, 1991).

El pH finca Santa María es clasificada dentro de la categoría cinco mientras que en la finca Santa Rosa se clasificó dentro de la categoría tres. Esto se debe al uso de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas y plaguicidas) que se da en la finca Santa Rosa. Según Liebig *et al.*, (2002) la aplicación frecuente de fertilizantes contribuye a la disminución de pH del suelo aumentando la acidez del suelo.

Utilizando el pH como uno de los indicadores con categorías diferentes se puede decir que la finca Santa María muestra mayores ventajas en cuanto a la finca Santa Rosa porque presenta condiciones adecuadas para la asimilación de los nutrientes y para el desarrollo de las plantas. Según Ecoplexity, (2010) Los suelos que son muy ácidos o demasiados alcalinos no favorecen la solución de compuestos, restringiendo la presencia de iones de nutrientes esenciales para las plantas.

La porosidad también presentó diferencia en ambas fincas. La finca Santa María con categoría cuatro mientras que la finca Santa Rosa fue de categoría tres. Esto se debe a la influencia negativa que ejerce el bajo contenido de materia orgánica en la finca Santa Rosa. La degradación de la estructura del suelo a causa del uso agrícola ha sido documentada en numerosos estudios (Low, 1972). Generalmente, se traduce en una disminución de la estabilidad estructural y un aumento de los microagregados estables al agua a expensas de los macroagregados. Así mismo, resulta del efecto combinado de la pérdida de la materia orgánica, de la disminución de la porosidad y del aumento de la densidad aparente del suelo (Vidal *et al.*, 1981).

Otro de los indicadores que presentó diferencia entre ambas fincas fue la profundidad de suelo. La finca Santa María fue clasificada dentro de la categoría tres mientras que en la finca Santa Rosa se clasificó dentro de la categoría dos. Teniendo mayor ventaja la finca Santa María porque su suelo presenta condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas ayudándolas a resistir más, en tiempo de sequías, porque a mayor profundidad, mayor capacidad de retención de humedad. De igual manera la planta puede usar los nutrientes almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si estos están al alcance de las raíces (Ibáñez, 2007).

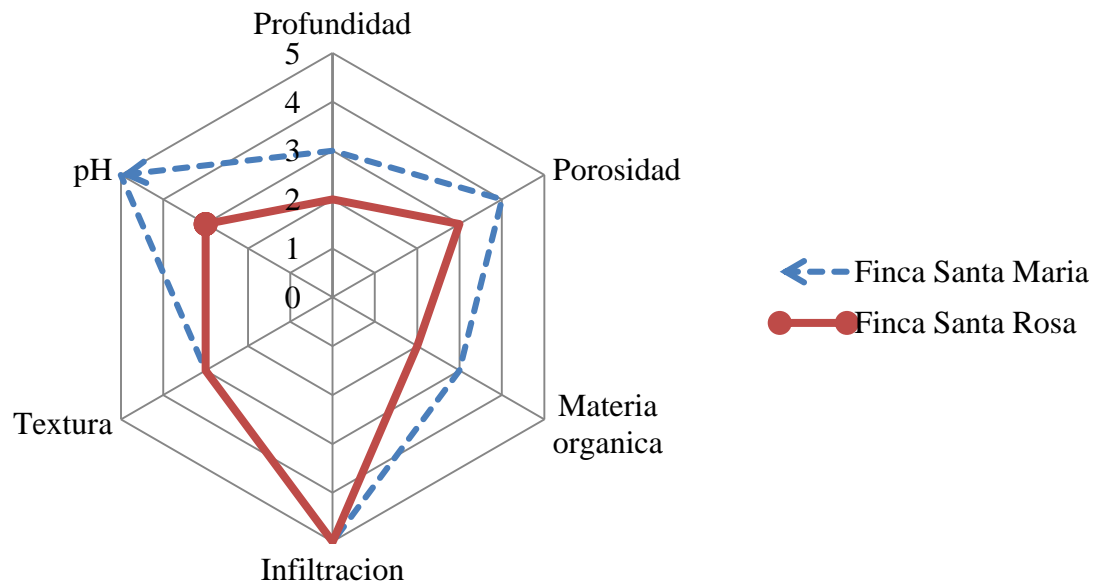


Figura 11. Comparación del comportamiento de indicadores físicos y químicos de suelo en ambas fincas Santa María y Santa Rosa.

V. CONCLUSIONES

El balance aparente de nitrógeno y potasio para la finca Santa Rosa fue negativo, en cambio para el fósforo fue positivo, favoreciendo así, a la restitución de fósforo que contiene los suelos; y para la finca Santa María, fue negativo, y demuestra que cuando un sistema se maneja de forma agroecológica, es necesario conocer las composición nutricional del abono orgánico que se utiliza, para aplicarlo en cantidades suficiente y sean capaz de restituir los nutrientes extraídos del suelo.

El 33% de los indicadores físicos y químicos de suelo evaluados (infiltración y textura) muestran la misma tendencia con categoría cinco para ambas fincas, lo que puede deberse a los procesos naturales de formación de los suelos en la zona. Los indicadores que difieren son materia orgánica, porosidad, pH y profundidad, teniendo mejores resultados la finca Santa María manejada bajo enfoque agroecológico, en comparación a la finca Santa Rosa con manejo convencional, siendo evidente la influencia del manejo agronómico.

VI. RECOMENDACIONES

El productor de la finca Santa Rosa debe compensar el déficit presentado por las exportaciones de N y K restituyendo los elementos al sistema productivo, tomando en cuenta las exigencias nutricionales de los cultivos, principalmente de los pastos.

El productor de la finca Santa María, debe conocer el estado nutricional de su compost para aplicar la cantidad necesaria y restituir las extracciones. También podría evaluar la utilización de otro tipo de fertilizante orgánico (lombriz humus, bokashi, gallinaza, vermicompost, etc).

VII. LITERATURA CITADA

- Arshad, M., & Coen, G. (1992). Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American J. of Alternative Agriculture* (7), 25-31.
- Astier, M., Maass, M., & Etchevers, J. (2001). *Derivacion de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable*. Recuperado de: <http://132.248.9.195/pdtestdf/0309779/A6.pdf>
- Ciampitti, I., & Garcia, F. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. En *Revista Horizonte A. 4.* (18), 22-28.
- Chinn, L. (2013). *Características de Suelo Franco Arenoso*. Recuperado de: http://www.ehowenespanol.com/caracteristicas-del-suelo-franco-arenoso-lista_125088/
- Cuenta reto del milenio. (2007). *Plan de acción de cuencas de la región León – Chinandega*. Recuperado de: http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/GOLFONSECA/0021/Planaccioncuencas.pdf
- Doran, J., & Parkin, B. (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Dumanski, J., Gameda, S., & Pieri, C. (1998). *Indicators of land quality and sustainable land management*. The World Bank, Washington DC, USA.
- Ecoplexity. (2010). Teaching ecological complexity. Recuperado de: <http://www.ecoplexity.org/?q=node/593>
- Ernst, O., Siri, G., Ackermann, P., & Gasparri, N. (2012). *Balance aparente de N, P y K en función de la intensidad de uso del suelo para la agricultura*. Recuperado de: http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue032_ernst.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). (s, f) *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible*. Recuperado de: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/soil_moisture.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). (1996). *Desarrollo de sistemas agrícolas y conservación de suelos*. Roma, Italia. 163 p.
- FUNICA. (2012). *Estado actual, oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua*. Recuperado de: http://www.funides.com/wp-content/uploads/.../sector_agropecuario_y_forestal_en_nicaragua.pdf
- García, F., & González, M. (2013). *La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Cómo estamos?*. Recuperado de: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/6E55A4956F44419585257B3400548C6E/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/6E55A4956F44419585257B3400548C6E/$FILE/2.pdf)
- García, L. (2007). *Texto básico: fertilidad de suelo y fertilidad de cultivo*. Universidad Nacional Agraria: Managua Nicaragua.

- García, L. (2015). *Manual: Metodologías de campo para determinar la profundidad, la densidad aparente, materia orgánica e infiltración del agua en el suelo*. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria.
- Ibáñez, J. (2007). *Profundidad efectiva y Capacidades de Uso del Suelo (Régulo León Arteta)*. Recuperado de: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>
- INIDE. (2003). *Características del departamento de Chinandega*. Recuperado de: www.inide.gob.ni/atlas/caracteristicasdep/Chinandega.htm
- INIDE-MAGFOR. (2013). *IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO: Departamento de Chinandega y sus municipios*. Recuperado de: [http://www.renida.net.ni/renida/magfor/NE51N583\(3\).pdf](http://www.renida.net.ni/renida/magfor/NE51N583(3).pdf)
- INTA–FAO (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1997). *Sistema integrado del manejo de la fertilidad, protocolo del análisis de los balances aparentes de nutrientes a nivel de la parcela y de la finca*. P 7.
- Jiménez, B., & González, Q.V., (2006). La calidad de suelos como medida para su conservación. Recuperado de: <http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo13c/articulo125.pdf>
- Lal, I. (2004). *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. *Science* (304), 1623-1627
- Lang, R., & L. McCaffrey. (1984). *Ground cover-its effects on soil loss from grazed runoff plots, gunnedah*. *J. Soil Conservation* (40), 56-61.
- Liebig, M.A; Varvel, G.E., Doran, J.W., & Wienhold, B.J. (2002). Crop sequense and nitrogen fertilization effects on soil Sci. Soc. Am. (66), 596-601.
- Louman, B. et al (2001). *Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central*. COSTA RICA.
- Low, A.J. (1972). The effect of cultivation on the structure and other physical properties of grassland and arable soils (1945-1970). *Journal of Soil Science*. (823), 363-380.
- MAGFOR. (2011). *Informe de producción agropecuaria acumulado a octubre 2011*. 34 pp.
- Prieto, M. J., Prieto, G. F.; Acevedo, S. O.; & Mendéz, M. M. (2013). *Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México*. Recuperado de: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_083.pdf
- Ramos, D.; & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*. 35. (4), 52-59. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&tlng=es.
- Ribó, H. M. (2003). *Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico*. Recuperado de: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9501/ribo.pdf?sequence=1>

- Sandoval, E. (2015). *pH en el suelo*. Recuperado de: <https://quimicageneralylaboratorio.wordpress.com/2015/11/26/ph-en-el-suelo/>
- Sarh. (1991). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y Colegio de Posgraduados. *Manual de conservación de suelos y agua*. Tercera edición. Chapingo, México.
- SQL. (Soil Quality Institute) (1996). Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. *Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.*
- Vidal, I.; Fernández, B., & Duarte, N. (1981). Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltración y estabilidad de los agregados del suelo. *Agricultura Técnica* 41(2), 83-88.
- Yara. (2017). *Nutrición vegetal: rendimiento de pastos*. Recuperado de: <http://www.yara.com.co/crop-nutrition/crops/praderas/rendimiento/>
- Young, A. (1989). Ten hypothesis for soil agroforestry research. *Agroforestry Today*. (1) pp3

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Guía de trabajo para toma de datos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

GUIA DE TRABAJO DE CAMPO LA GRECIA, CHINANDEGA

BALANCE APARENTE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS PRODUCTIVOS.

I. Datos Generales

1.1 Nombre del productor_____

1.2 Nombre de la fincas_____

1.3 Tipo de propiedad_____

II. Información básica de la Unidad la finca

2.1 Como maneja su finca:

a) Como una sola área _____

b) La maneja parcelada _____

c) Si la maneja parcelada, en cuantas áreas la tiene dividida_____

2.2 Información de manejo por área y ciclos año 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Rendimiento	Fertilización	
		Primera	Postrera	Postreron		Kg. Completo	Kg. Urea
1							
2							
3							
4							
5							
6							

2.3 Información de manejo por área y ciclos 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Rendimiento	Fertilización	
		Primera	Postrera	Postreron		Kg. Completo	Kg. Urea
1							
2							
3							
4							
5							
6							

2.4 Información de manejo por área y ciclos con animales año 2015 - 2016

Parcela	Cantidad de animales por tipo			Tiempo aprox. de pastoreo	Edad de animales por tipo		
	Caballar	Caprino	Bovino		Caballar	Caprino	Bovino
1							
2							
3							
4							
5							
6							

2.5 Información de manejo por área y ciclos con animales año 2015 - 2016

Parcela	Cantidad de animales por tipo			Tiempo aprox. de pastoreo	Edad de animales por tipo		
	Caballar	Caprino	Bovino		Caballar	Caprino	Bovino
1							
2							
3							
4							
5							
6							

III. Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo

3.1 Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo año 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Quema	A la cosecha, que saca de la parcela o deja
		Primera	Postrera	Postreron		
1						
2						
3						
4						
5						
6						

3.2 Manejo de los rastrojos por parcela y ciclo año 2015-2016

Parcela	Cultivo	Ciclo			Quema	A la cosecha, que saca de la parcela o deja
		Primera	Postrera	Postreron		
1						
2						
3						
4						

IV. Información sobre los cultivos

4.1 Distancias de siembra

Cultivo	Distancia de siembra

Anexo 2. Resultados del análisis del abono orgánico, proveniente de finca Santa María, La Grecia, Chinandega.

Identificación	Nt	pH	MO	P	K	CA	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	%H	CE
	%							ppm					
Compostaje Sta María	1.12	7.38	10.07	0.41	0.80	1.66	0.40	125.50	2.55	7.40	2.55	49.54	2147

Anexo 3. Resultados del análisis de suelo de laboratorio.

Finca Santa Rosa

Parcela	Identificación	pH	M O	N	P	K	Partículas			
		(H20)	(%)	(%)	ppm	meq/100g suelo	Limo	Arena	Arcilla	Clase textural
I	sorgo	5.59	2.29	0.11	7.71	0.72	22	60.4	17.6	Franco Arenoso
II	Maíz	5.50	2.11	0.11	4.92	0.65	24	62.4	13.6	Franco Arenoso
III	Brachiaria	5.63	2.34	0.12	5.98	0.70	24	62.4	13.6	Franco Arenoso
IV	Brachiaria	5.61	2.30	0.12	3.57	0.41	24	62.4	13.6	Franco Arenoso
V	King Grass	5.82	2.37	0.12	2.56	1.25	22	66.4	11.6	Franco Arenoso

Finca santa María

Parcela	Identificación	pH	M O	N	P	K	Partículas			
		(H20)	(%)	(%)	ppm	meq/100g suelo	Limo	Arena	Arcilla	Clase textural
I	Maíz	6.03	4.30	0.22	4.61	0.27	22	60.4	17.6	Franco Arenoso
II	Bosque	5.60	5.91	0.30	22.91	0.68	22	60.4	17.6	Franco Arenoso
III	Frijol	6.17	5.89	0.24	8.56	0.63	24	60.4	15.6	Franco Arenoso
IV	Maíz	5.96	3.75	0.19	5.11	0.51	22	62.4	15.6	Franco Arenoso
V	Frijol	6.02	3.86	0.19	5.86	0.71	24	60.4	15.6	Franco Arenoso

Anexo 4. Balance aparente de nutrientes (N, P, K) 2015-2016, Finca Santa Rosa, La Grecia, Chinandega.

Parcela	Época	Cultivo	Rendimiento kg ha ⁻¹	Entradas (kg ha ⁻¹)			Salidas (kg ha ⁻¹)			Balance aparente (E - S)			
				N	P	K	N	P	K	N	P	K	
2015	1	postrea	sorgo	2911	108.7	8.5	16.1	20.9	7.8	4.4	87.8	0.7	11.7
		balance/parcela		108.7	8.5	16.1	20.9	7.8	4.4	87.8	0.7	11.7	
	2	primera	maiz	1488	78.9	8.5	16.1	21.9	8.2	4.6	57.1	0.4	11.5
			sorgo	2911	108.7	8.5	16.1	27.9	10.8	17.8	80.8	-2.2	-1.7
		postrera	maiz	1423	78.9	8.5	16.1	20.9	7.8	4.4	58.0	0.7	11.7
		balance/parcela		266.6	25.6	48.3	70.7	26.8	26.8	195.8	-1.2	21.6	
	3	Permanente	brachiaria	4928	142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6
		balance/parcela		142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6	
	4	Permanente	brachiaria	4928	142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6
		balance/parcela		142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6	
	5	Permanente	kingrass	4928	59.5	0.0	0.0	428.7	44.3	325.2	-369.2	-44.3	-325.2
		balance/parcela		59.5	0.0	0.0	428.7	44.3	325.2	-369.2	-44.3	-325.2	
	Total				720.6	140.6	174.8	798.4	135.1	1066.0	-77.8	5.5	-891.2
2016	1	Postrera	sorgo	2911	104.8	17.1	10.7	27.9	10.8	17.8	76.9	6.3	-7.0
		balance/parcela		104.8	17.1	10.7	27.9	10.8	17.8	76.9	6.3	-7.0	
	2	postrera	maiz	1299	75.1	17.1	10.7	19.1	7.2	4.0	56.0	9.9	6.7
		balance/parcela		75.1	17.1	10.7	19.1	7.2	4.0	56.0	9.9	6.7	
	3	Permanente	brachiaria	4928	142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6
		balance/parcela		142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6	
	4	Permanente	brachiaria	4928	142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6
		balance/parcela		142.9	53.2	55.2	139.0	28.1	354.8	3.9	25.1	-299.6	
	5	Permanente	kingrass	4928	59.5	0.0	0.0	428.7	44.3	325.2	-369.2	-44.3	-325.2
		balance/parcela		59.5	0.0	0.0	428.7	44.3	325.2	-369.2	-44.3	-325.2	
	Total				525.2	140.6	131.9	753.7	118.4	1056.6	-228.6	22.1	-924.7
	GRAN TOTAL				1245.7	281.1	306.7	1552.1	253.5	2122.6	-306.4	27.6	-1815.9

Anexo 5. Balance aparente de nutrientes (N, P, K) 2015-2016, Finca Santa María, La Grecia, Chinandega.

AÑO	Parcela	Época	Cultivo	Rendimiento kg ha ⁻¹	Entradas (kg ha ⁻¹)			Salidas (kg ha ⁻¹)			Balance aparente (E - S)			
					N	P	K	N	P	K	N	P	K	
2015	1	primera	maiz	3235	3.6	1.3	2.6	47.6	17.8	10.0	-43.9	-16.5	-7.4	
		postrera	maiz	3235	3.6	1.3	2.6	47.6	17.8	10.0	-43.9	-16.5	-7.4	
		balance/parcela			7.2	2.7	5.2	95.1	35.6	20.1	-87.9	-32.9	-14.9	
	2	Permanente	bosque	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		balance/parcela			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	3	primera	maiz	3235	3.6	1.3	2.6	47.6	17.8	10.0	-43.9	-16.5	-7.4	
		postrera	frijol	647	3.6	1.3	2.6	19.0	6.1	14.6	-15.4	-4.7	-12.0	
		balance/parcela			7.2	2.7	5.2	66.5	23.9	24.6	-59.3	-21.2	-19.4	
	4	primera	maiz	3235	3.6	1.3	2.6	47.6	17.8	10.0	-43.9	-16.5	-7.4	
		postrera	maiz	3235	3.6	1.3	2.6	47.6	17.8	10.0	-43.9	-16.5	-7.4	
		balance/parcela			7.2	2.7	5.2	95.1	35.6	20.1	-87.9	-32.9	-14.9	
	5	primera	maiz	3235	3.6	1.3	2.6	47.6	17.8	10.0	-43.9	-16.5	-7.4	
		postrera	frijol	647	3.6	1.3	2.6	19.0	6.1	14.6	-15.4	-4.7	-12.0	
		balance/parcela			7.2	2.7	5.2	66.5	23.9	24.6	-59.3	-21.2	-19.4	
	Total				29.0	10.6	20.7	323.3	118.9	89.3	-294.3	-108.2	-68.6	
2016	1	postrera	frijol	906	3.6	1.3	2.6	26.6	8.5	20.4	-23.0	-7.2	-17.8	
		balance/parcela			3.6	1.3	2.6	26.6	8.5	20.4	-23.0	-7.2	-17.8	
	2	Permanente	bosque	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		balance/parcela			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	3	primera	maiz	2911	3.6	1.3	2.6	21.9	8.2	9.0	-18.2	-6.9	-6.4	
		postrera	maiz	3041	3.6	1.3	2.6	20.9	7.8	9.4	-17.3	-6.5	-6.8	
		balance/parcela			7.2	2.7	5.2	42.8	16.0	18.5	-35.5	-13.4	-13.3	
	4	postrera	frijol	906	3.6	1.3	2.6	26.6	8.5	20.4	-23.0	-7.2	-17.8	
		balance/parcela			3.6	1.3	2.6	26.6	8.5	20.4	-23.0	-7.2	-17.8	
	5	primera	maiz	2911	3.6	1.3	2.6	21.9	8.2	9.0	-18.2	-6.9	-6.4	
		postrera	maiz	3041	3.6	1.3	2.6	20.9	7.8	9.4	-17.3	-6.5	-6.8	
		balance/parcela			7.2	2.7	5.2	42.8	16.0	18.5	-35.5	-13.4	-13.3	
	Total				21.7	8.0	15.5	138.7	49.0	77.7	-117.0	-41.0	-62.2	
	GRAN TOTAL					50.7	18.6	36.2	462.0	167.8	167.0	-411.3	-149.2	-130.7